

Die Entdeckung

Im November 1995 veröffentlichten die beiden Schweizer Astronomen Michel Mayor und Didier Queloz Messdaten, die sie mithilfe der Radialgeschwindigkeitsmethode bei einem etwa 50 Lichtjahre entfernten sonnenähnlichen Stern „51 Pegasi“ durchgeführt hatten. Die Auswertung ergab, dass der Stern auf einer extrem engen Bahn von einem Planeten umkreist wird, der in etwa die Masse des Jupiters haben müsste. Damit war der erste Exoplanet entdeckt – viele Hunderte sollten in den folgenden Jahren folgen. Für den ersten Nachweis eines Exoplaneten und die darauffolgenden weiteren Forschungen erhielten Mayor und Queloz 2019 gemeinsam die Hälfte des Nobelpreises für Physik¹.

Das untere Diagramm aus der Veröffentlichung der beiden Wissenschaftler zeigt die gemessenen Radialgeschwindigkeiten des Sterns „51 Pegasi“. Die Kurve stellt die beste Anpassung des Modells an die Messdaten dar.

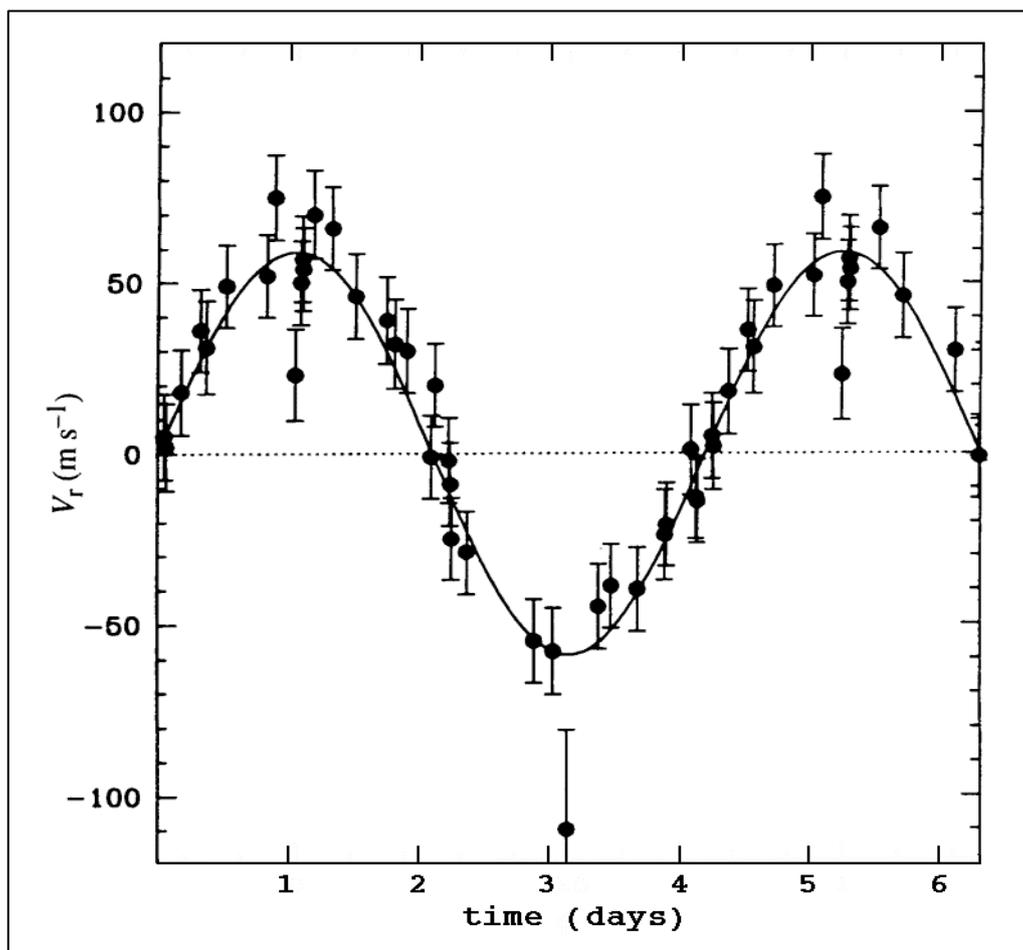


Abbildung 1. Radialgeschwindigkeiten des Sterns 51 Pegasi. Quelle:
<https://web.pa.msu.edu/courses/2011spring/AST208/mayorQueloz.pdf>

¹ Poster: <https://www.mediatheque.lindau-nobel.org/GetFile?id=38546>

Aufgabe 1:

Ermitteln Sie aus der Kurve die Umlaufdauer des Exoplaneten „51 Pegasi b“.

Aufgabe 2:

Für kreisförmige Bahnen ergibt sich aus der folgenden Formel die Masse des Exoplaneten:

$$m_P = \sqrt[3]{\frac{T \cdot M_S^2}{2 \cdot \pi \cdot G}} \cdot v_{\text{Rad}}$$

Die Formel gilt für die Situation, dass der Beobachter oder die Beobachterin auf die Kante der Ebene der Planetenbewegung schaut. Sie ermitteln somit einen Minimalwert für die Masse, denn man muss davon ausgehen, dass die Bahnebene geneigt ist, was zu einer kleineren Amplitude führen würde. Die Masse M_S des Zentralsterns lässt sich aus spektroskopischen Untersuchungen ermitteln und beträgt hier: $M_S = 2,21 \cdot 10^{30}$ kg. G ist die Gravitationskonstante² und T die Umlaufzeit des Planeten. Verwenden Sie den Wert $T = 4,23$ Tage. Ermitteln Sie nun aus dem Diagramm einen Wert für die Amplitude v_{Rad} der Radialgeschwindigkeitskurve und berechnen Sie die Masse des Exoplaneten. Beachten Sie, dass es sich in der Formel um die dritte Wurzel handelt und Sie die Umlaufdauer T in Sekunden einsetzen müssen.

Aufgabe 3:

Üblicherweise werden Massen von Exoplaneten in Vielfachen der Jupitermasse angegeben. Diese beträgt $M_J = 1,898 \cdot 10^{27}$ kg.

Geben Sie die Masse des Exoplaneten „51 Pegasi b“ in der „Einheit“ Jupitermasse an und vergleichen Sie Ihren Wert mit dem Literaturwert (Internet-Recherche).

Aufgabe 4:

Die extrem kleine Umlaufzeit des Planeten von 4,26 Tagen weist auf einen außergewöhnlich kleinen Abstand zwischen Stern und Planet hin. Mithilfe des dritten Keplergesetzes können Sie diesen Abstand exakt berechnen. Es gilt nämlich:

$$\frac{T^2}{a^3} = \frac{4 \cdot \pi^2}{G \cdot (m_P + M_{\text{Stern}})}$$

Berechnen Sie den Abstand a mithilfe des dritten Keplergesetzes und den bekannten Daten.

Aufgabe 5:

Äußern Sie sich zu der Frage, ob auf dem Exoplaneten „51 Pegasi b“ Bedingungen herrschen könnten, welche die Entstehung von Leben ermöglichen würden.

² $G = 6,674 \cdot 10^{-11} \frac{\text{m}^3}{\text{kg} \cdot \text{s}^2}$